

## QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA E NECROCHORUME NO ENTORNO DO CEMITÉRIO DO CAMPO SANTO EM SALVADOR-BA

### GROUNDWATER QUALITY AND NECROLEACHATE IN THE AREA SURROUNDING OF THE CAMPO SANTO CEMETERY IN SALVADOR-BRAZIL

**Aline Gomes da Silva dos Santos**

Mestre em Saúde, Ambiente e Trabalho/UFBA. Secretária Municipal de Saúde de Salvador. ([aligss20@gmail.com](mailto:aligss20@gmail.com))

**Luiz Roberto Santos Moraes**

PhD em Saúde Ambiental/University of London-UK. Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. ([moraes@ufba.br](mailto:moraes@ufba.br))

**Sérgio Augusto de Moraes Nascimento**

Doutor em Hidrogeologia, Geologia Ambiental e Recursos Hídricos/UFBA. Departamento de Geologia e Geofísica Aplicada do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia. ([sergiomn@ufba.br](mailto:sergiomn@ufba.br))

**Resumo**

O artigo tem como objetivo avaliar a qualidade da água subterrânea de poços rasos e cisternas, inclusive os usados como soluções alternativas coletivas e individuais para consumo humano, no entorno do Cemitério do Campo Santo, em Salvador-Bahia. Para tanto, foram realizadas revisão bibliográfica sobre a temática e busca ativa de poços no entorno do referido cemitério. Após seleção dos mesmos, realizaram-se coletas e análises de amostras de água, nos períodos chuvoso e seco do ano, mediante os seguintes critérios: proximidade, sepultamento por inumação, e índices de saturação (número de sepultamentos/ano); localização em área considerada vulnerável dentro da perspectiva geográfica e presença de moradias na circunvizinhança; e, fluxo superficial de água convergindo, ou não, para região dos poços utilizados como soluções alternativas de abastecimento de água cadastradas no Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Siságua). Os parâmetros físico-químicos (turbidez, pH e cor aparente) e microbiológicos (*Escherichia coli* e *Clostridium perfringens*) foram adotados e confrontados com os resultados das análises, obtidos com base na legislação vigente que normatiza questões como uso da água subterrânea e potabilidade, além dos parâmetros e bioindicadores de contaminação por necrochorume. Os resultados das análises microbiológicas e físico-químicas sugerem contaminação por necrochorume.

**Palavras-chave:** Água subterrânea; qualidade da água; cemitérios; necrochorume.

**Abstract**

This study aimed to assess the quality of groundwater from shallow wells including those used as collective and individual workarounds for human consumption in the vicinity of the CampoSantoCemetery in Salvador-Bahia. As a method, literature review in the subject and an active pursuit of wells surrounding the cemetery was held. After selecting them, held - is the collection and analysis of water samples in the rainy and dry seasons of the year based on criteria such as: Proximity, burial for burial, and saturation index (number of burials / year), location area considered vulnerable within the geographical perspective and presence in the region round housing, surface water flow converging region of the wells used as alternatives for water supply registered in water Quality Monitoring Information System for Human Consumption (Siságua) or not. The physical-chemical parameters (turbidity, pH, apparent color) and microbiological (*E. coli* and *Clostridium perfringens*) were adopted and compared with the results of analyzes obtained on the basis of current legislation that regulates issues such as use of groundwater and potability, and parameters and bio-indicators of contamination by necro-leachate. The results of microbiological, chemical and physical-chemical analyzes suggest contamination necro-leachate.

**Keywords:** Groundwater; water quality; cemeteries; necro-leachate.

## 1. INTRODUÇÃO

A urbanização intensa e descontrolada integrou totalmente os cemitérios à malha urbana, fato que trouxe um risco potencial de contaminação do solo por meio da geração de necrochorume oriundo da decomposição dos corpos.

É relevante a preocupação com a água subterrânea, já que sua contaminação por esse tipo de equipamento comunitário, ainda que com implantação adequada e respeitando todas as medidas de proteção ambiental, é um problema de saúde pública (LELI *et al.*, 2012). Muitos cemitérios não foram alvos de estudos anteriores ao processo de implantação, ampliando, ao longo de anos, sua potencialidade para a contaminação do ambiente. Muito vem sendo feito no sentido de investigar e avaliar o risco que existe nas necrópoles estudadas, para recomendar formas de intervenção como auxílio na minimização dos impactos causados pelos cemitérios, bem como para nortear a implementação de normas e políticas públicas adequadas (COSTA; SOUZA, 2007) no contexto ambiental e no de saúde pública.

No Brasil, praticamente a totalidade dos cemitérios municipais apresenta algum problema de cunho ambiental ou sanitário e, em muitos casos, o risco de contaminação do aquífero freático adjacente a essas áreas é reconhecidamente comprovado (ABAS, 2001), e muitas pessoas residentes no entorno das áreas de influência dos cemitérios utilizam a água de poços como forma de suprir ou complementar o abastecimento para o consumo humano. Espíndula (2004) indica que resultados de estudos alertam para a necessidade de se promover investigações sistemáticas, principalmente, em áreas residenciais próximas a cemitérios, onde há exploração de água por meio de fontes e poços rasos (soluções alternativas).

Assim, o presente artigo tem como objetivo avaliar a qualidade da água explorada de poços rasos e cisternas no entorno do cemitério do Campo Santo em Salvador–Bahia, inclusive os utilizados como SAC e SAI (Sistemas de Abastecimento Alternativo Coletivo e Individual para consumo humano), com vistas ao atendimento à legislação existente no país, utilizando como base parâmetros específicos de qualidade

relacionados à água subterrânea e para consumo humano, encontrados nas Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente –Conama nºs 357/2005 e 396/2008, na Portaria nº 2.914/2011 (BRASIL, 2005; 2008a; 2011) do Ministério da Saúde – MS e em indicadores específicos de contaminação por necrochorume.

## 2. ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA CONSUMO HUMANO, RISCOS AMBIENTAIS E PARA A SAÚDE DA POPULAÇÃO RESIDENTE NO ENTORNO DE CEMITÉRIOS

### 2.1. Cemitérios, meio ambiente e saúde pública

No Brasil, 15,6% dos domicílios utilizam, para consumo humano e atendimento de suas necessidades, exclusivamente água subterrânea (IBGE, 2010) e, em geral, as pessoas não se dão conta da dimensão da problemática acerca dos cemitérios (MARCOMINI; CASTRO, 2010). Em São Paulo, Romano (2005) identificou a ocorrência dos patógenos causadores de poliomielite e hepatite em poços de profundidades da ordem de 40 a 60 metros, mostrando que a contaminação pode chegar a grandes profundidades e extensão, comprometendo toda uma região que está sendo abastecida com água subterrânea; e, caso essa água contaminada seja utilizada para fins de consumo humano, ela poderá gerar riscos à saúde dos indivíduos usuários de soluções alternativas de abastecimento (poços). As grandes cidades pressionam os aquíferos (vazão de captação maior do que a capacidade de recarga, combinada com a poluição industrial e domiciliar) e os solos (com poluentes carregados pelas chuvas e devido à disposição inadequada dos resíduos sólidos) (HOGAN *et al.*, 2000). A contaminação por meio de cemitérios, por exemplo, é um fator que pode levar à alteração da qualidade química e microbiológica das águas, devido às substâncias e microrganismos oriundos da decomposição dos cadáveres e, até, de possíveis agentes causadores de doenças que podem, inclusive, ter vitimado, como *causa mortis*, o indivíduo sepultado.

Saúde pública, na visão de Ayach *et al.* (2012), é a ciência e a arte de promoverem, protegerem e recuperarem a saúde por meio de medidas de alcance coletivo e de

motivação da população. Por meio das ações de atenção, vigilância, controle de infecções, saneamento do meio, controle de incidência de doenças emergentes e implementação de políticas e programas de saúde que visem ao bem estar coletivo, a saúde pública tem como objetivo atuar na organização dos elementos voltados à saúde do indivíduo e das populações, bem como nas ações preventivas e de controle dos processos de saúde-doença. Os cemitérios são áreas que podem trazer implicações nesses processos que envolvem a saúde humana e ambiental e que representam risco no tocante a tais questões. O necrochorume já foi identificado como contaminante do solo e das águas subterrâneas, e pode causar doenças em pessoas expostas às rotas ou fluxo de contaminação específica em mais de uma via de exposição.

Os cemitérios se assemelham a um tipo especial de aterros sanitários (SANTOS *et al.*, 2007; DENT; KNIGHT, 1998), cujos resíduos liberados por meio da secreção da dissolução pútrida dos corpos (SILVA *et al.*, 2006) originam um líquido mal cheiroso e acinzentado, o necrochorume. Este é tão poluente e nocivo ao meio ambiente quanto qualquer outra substância orgânica e inorgânica; e não se conhece muito a respeito de sua dispersão no solo e água. Devido às características desse composto, Üçisik e Rushbrook (1998) consideraram ser útil examinar resíduos do escoamento de cemitérios como um potencial análogo ao do destino dos lixiviados de aterros. O necrochorume, por ser mais denso que a água, possui excelente mobilidade e dispersão, atravessando o aquífero até a sua camada impermeável, sendo em parte carregado no sentido do fluxo subterrâneo, contaminando toda a região.

Algumas doenças relacionadas à água (DRA) de notificação compulsória, como no caso da febre tifoide, são subnotificadas e nem sempre ocorre investigação das fontes e vias de contaminação. No caso das gastroenterites e diarreias, torna-se difícil atrelar a enfermidade com a causa, que pode ser água contaminada com microrganismos e substâncias provenientes do necrochorume, caso haja exposição a este composto. Foi encontrado apenas um (1) caso de febre tifoide em Salvador, nos períodos de 2007 a 2012

(BRASIL, 2014), e três (3) casos notificados em 2014, mas essas doenças aparentemente controladas ou erradicadas podem se tornar reemergentes caso haja falhas nos processos de abastecimento ou uso de água de qualidade duvidosa, especialmente em locais vulneráveis. As condições de saúde do exposto, a faixa etária, as condições de nutrição e da dose infecciosa mínima requerida para o início da doença são fatores que influenciam na incidência e prevalência de uma patologia e traduzem a relação entre perigo e risco. É sabido também que, além da decomposição pura e simples, pode haver no processo outros componentes oriundos dos cadáveres, como elementos quimioterápicos e radiológicos que são, da mesma forma, perigosos à saúde humana e ao ambiente; o que, por si só, se justifica como um passivo ambiental.

Segundo Almeida e Macêdo (2005), no Brasil, não há controle na construção de cemitérios, o que é agravado pela falta de acompanhamento das diferentes esferas do Poder Público competente que empurram o problema uns para os outros. Como incremento na polêmica discussão a respeito do assunto, acredita-se que o problema não está na atividade em si, mas na escolha equivocada e displicente das áreas para implantação de necrópoles. Percebe-se que em muitas delas há vulnerabilidade ambiental, o que acarreta risco de contaminação para o solo, água subterrânea e para as pessoas que vivem no seu entorno. As soluções alternativas, que nem sempre passam por tratamento adequado, devem ser evitadas em detrimento da água da rede pública de distribuição e, por isso, não são recomendadas já que não são consideradas seguras.

## **2.2 Cemitérios e a água subterrânea para consumo humano de soluções alternativas**

### **2.2.1. Aspectos legais e saúde ambiental**

As Resoluções Conama nº 335, de 03 de abril de 2003, e nº 402, de 17 de novembro de 2008 (BRASIL, 2003b; 2008b), são as mais recentes em relação à situação da maioria dos cemitérios implantados, exigindo das administrações das necrópoles a tomada de providências quanto a intervenções e ajustes de acordo com as normas e regras vigentes,

buscando as adequações necessárias para possíveis problemas de ordem ambiental.

Com relação à balneabilidade e potabilidade da água captada, a legislação que rege atualmente a água subterrânea e para fins de consumo humano utilizada em soluções alternativas (SAC e SAI) no país são, respectivamente, as Resoluções Conama nº 357/2005 e nº 396/2008 e a Portaria nº 2.914/2011 (BRASIL, 2005; 2008a; 2011), do Ministério da Saúde, as quais estabelecem parâmetros para avaliar a qualidade da água de acordo com critérios como, por exemplo, a classe a que pertence a água em questão, o uso e os fins desta.

De acordo com a Portaria nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011), do MS, a água para consumo humano é aquela que é potável, destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente, da sua origem. Muitas das populações humanas têm usado fontes naturais e poços rasos como forma de complementar o abastecimento de água. Os poços mais utilizados para captação de água subterrânea são os poços rasos que, comumente, são escavados manualmente e recebem nomes diferentes pelo Brasil afora, tais como poço amazonas, cisterna, cacimba, cacimbão, poço caipira ou simplesmente “poço” (SOARES, 2010).

A legislação ambiental visa a estabelecer diretrizes para o controle e a regulamentação da conservação dos mananciais subterrâneos, a fim de promover a redução de alterações e impactos causados aos aquíferos que, em longo prazo, são vulneráveis a contaminantes que apresentam características persistentes e móveis (NASCIMENTO, 2009). Denota-se, dessa forma, uma preocupação integrada com o manancial subterrâneo, visto que este passou a ser utilizado como forma complementar ao sistema de abastecimento de água na maioria das grandes cidades do país (ROMANÓ, 2005). Por conta desse uso para consumo humano, devem-se garantir ações centradas nos conceitos de vigilância e controle da qualidade da água, visando à prevenção e ao controle de doenças e agravos relacionados à água (BRASIL, 2003a).

Essas ações são de competência da Vigilância em Saúde Ambiental, por meio do Programa Vigiágua que monitoriza tanto o

sistema de abastecimento público quanto o alternativo e atua, para fins de prevenção, nos limites da interface saúde-ambiente. O Programa busca conhecer e detectar riscos, a fim de evitar danos ao ambiente que possam comprometer a saúde das pessoas, tal como um cemitério implantado em local de uso de água subterrânea para fins de consumo. Uma vez esta água captada de poços rasos sem tratamento, desconhecendo-se a sua qualidade bacteriológica e físico-química, pode vir a tornar-se um fator de risco aos seres humanos que a utilizam, devido ao seu potencial de transmitir doenças causadas pela presença de bactérias patogênicas e pela elevada concentração de nitrato (AYACH *et al.*, 2012) e nitrito, que podem também ter origem nos despejos orgânicos, como o necrochorume, cujas evidências documentadas ao longo da história indicam este componente como causa de várias epidemias pelo mundo.

Atualmente, a monitorização de poços em Salvador está ocorrendo de forma restrita, já que, de acordo com Godoy (2013), a legislação “proíbe” o uso da água de poço para consumo humano. Esse fato tem limitado ações de prevenção à contaminação microbiológica, que ocorre devido à falta de esgotamento sanitário e aos efluentes biológicos lançados no solo, inclusive, porque não há efetivamente conhecimento por parte do Instituto do Meio Ambiente e de Recursos Hídricos do Estado da Bahia – INEMA de todos os poços explorados, sendo este o órgão que tem competência para estabelecer a outorga, e nem por parte da autoridade de saúde quanto aos SAI. Antes da revogação da Portaria MS nº 518/2004 (BRASIL, 2004), a Vigilância em Saúde Ambiental – VISAMB da Secretaria de Saúde de Salvador autorizava e monitorizava o uso do SAC mediante a comprovação de análises de qualidade frequentes e a presença de responsável técnico. A Vigilância em Saúde Ambiental de Salvador é contrária ao uso dessa alternativa visto que sua atividade fiscalizadora está alicerçada na legislação. Em ação conjunta, o Ministério Público, VISAMB e o INEMA vêm convocando todas e quaisquer pessoas jurídicas para se adequarem à legislação, substituindo o uso do SAC pela água tratada da rede pública de distribuição.

A legislação mais recente acaba por impor o uso da rede de distribuição de água pelos prestadores desse serviço público, quando, na realidade, o uso de outras fontes ou formas de captação de água não deveria ser impedido, desde que houvesse tratamento desta água (SAC), sem misturar com a água da rede, e bom senso na observação da qualidade para consumo humano (SAI), sem obrigação de uso exclusivo da rede pública de distribuição.

Em geral, as pessoas não se dão conta que, em uma área que há um cemitério, correm-se riscos de contaminação ambiental e de saúde. Porém, a problemática acerca dos cemitérios vai muito além do que a maioria das pessoas consegue mensurar (MARCOMINI; CASTRO, 2010). A população com moradias próximas a cemitérios, geralmente, é de baixa renda e alicerça suas casas em encostas e em outras áreas vulneráveis, onde o necrochorume pode percolar no solo e causar danos à qualidade da água de mananciais e de poços utilizada por essa população, o que favorece o aparecimento de patologias relacionadas à água. Tal fato afeta diretamente a saúde pública (MIGLIORINI, 2006), podendo alcançar distâncias significativas para além da origem da fonte de contaminação (CAMPOS, 2007). Esta é considerada, dentre as várias formas conhecidas, uma das contaminações mais difícil de ser detectada, pois se dá de forma silenciosa e sutil (LEITE 2009).

Silva *et al.* (2006) descrevem que, no Brasil, as principais doenças relacionadas à água ocorrem pela falta de esgotamento sanitário ou ineficiência no tratamento ou forma inadequada ou insegura de obtenção de água para consumo humano, como o uso de água bruta. Sendo assim, a Portaria nº 2.914/2011 do MS (BRASIL, 2011), em seu art. 4º, estabelece que toda água destinada ao consumo humano, proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância de sua qualidade pelas secretarias estaduais ou municipais de saúde. A legislação define, ainda, a quantidade mínima e a frequência em que as amostras de água devem ser coletadas, bem como os parâmetros e limites permitidos (DUARTE, 2011). Para tanto, devem-se ter como parâmetros de padrão de

potabilidade da qualidade da água de uma solução alternativa análises físicas, químicas e microbiológicas, tais como cor, turbidez, pH, coliformes totais, entre outros. Com relação aos cemitérios e contaminação da água subterrânea, existem indicadores previstos para sua detecção, mas a legislação, em especial a Portaria nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011), não leva em consideração áreas dessa natureza, inclusive não contemplando, em seu arcabouço legal, parâmetros bioindicadores específicos para necrochorume. Este parece se enquadrar como uma das substâncias mais perigosas, por ser solúvel, refratário e não volátil, afetando comunidades próximas ou não a cemitérios, devido à capacidade de advecção que possui.

### 3. INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO POR NECROCHORUME

Alguns parâmetros são utilizados para a caracterização da água, como os físico-químicos e biológicos e os indicadores de sua qualidade, os quais representam impurezas quando ultrapassam determinados valores estabelecidos (DUARTE, 2011). Alguns desses parâmetros constam na Portaria do MS, acima citada, que estabelece que a água produzida e distribuída para o consumo humano deve ser controlada, bem como na Resolução Conama nº 396/2008 (BRASIL, 2008a), que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências, além de indicar que tais águas são utilizadas para consumo humano por meio de sistemas de abastecimento alternativo. Estas estão sujeitas a critérios de qualidade, de acordo com a classe à qual pertence.

As águas atingidas pelo necrochorume apresentam contaminação microbiológica por bactérias heterotróficas, bactérias proteolíticas, clostrídios sulfito-redutores, enterovírus e adenovírus. Há, também, um grande consumo do oxigênio, devido à decomposição biológica e às transformações químicas, principalmente dos produtos com nitrogênio, fósforo e enxofre, dentre outros. As sepulturas provocam um acréscimo na quantidade de sais minerais, aumentando a condutividade elétrica dessas águas (CUNHA *et al.*, 2008).

Dentre os parâmetros que norteiam a possível alteração ou contaminação da água subterrânea por necrochorume, podem-se citar: condutividade elétrica-CE, cloretos, compostos de nitrogênio, representados por nitrogênio total e amoniacal, amônia, nitrito, nitrato, demanda bioquímica de oxigênio-DBO e oxigênio dissolvido. Tais parâmetros foram analisados de amostras de água coletadas seguindo as orientações do *Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater* (COUNHA *et al.*, 2008), bem como os relacionados à bioindicadores, como os *Streptococos*, *Salmonella*, coliformes totais, *E. coli*, clostrídios sulfito-redutores como *Clostridium perfringens*, além de *Pseudomonas aeruginosa* e bactérias proteolíticas (ESPÍNDULA, 2004). Destes, o *Clostridium spp*, *Streptococcus* e enterobactérias são colonizadores de cadáveres humanos (ÜÇISIK; RUSHBROOK, 1998), podendo ser importantes indicadores de necrochorume. Enetério (2009) considera que amostras de água subterrânea que apresentem baixo teor de parâmetros indicadores de poluição fecal (Coliformes Termotolerantes), porém, com maior número de bactérias anaeróbias (clostrídios sulfitos-redutores - CSR), demonstram uma provável contaminação oriunda das covas.

Segundo Espíndula (2004), os parâmetros para a análise microbiológica são os coliformes totais (*Citrobacter*, *Enterobacter Klebsiella*), os coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*), os estreptococos fecais (*Enterococcus*) e os clostrídios sulfito-redutores. No gênero *Clostridium*, situam-se os bacilos anaeróbicos gram-positivos encontrados no solo, que podem estar no trato intestinal humano e de animais de sangue quente (CARRILLO, 1998; MARTINS *et al.*, 1991). As bactérias do gênero *Clostridium* são esporuladas e patogênicas e, quando ingeridas e em contato com os tecidos moles, podem sobreviver por longos períodos no solo (PACHECO *et al.*, 1991) e na água mais tempo do que organismos patogênicos entéricos (WHO, 2002), mesmo em condições desfavoráveis. Elas são consideradas indicadoras de contaminação remota, cujos organismos de menor resistência, tal como a *E. coli*, já não estão presentes (JUNQUEIRA *et al.*, 2006).

#### 4. ÁREA DE ESTUDO

O caso do Cemitério do Campo Santo, em Salvador-Bahia, cemitério horizontal, caracterizado como do tipo tradicional e de propriedade da Santa Casa de Misericórdia da Bahia, não foge a esta realidade. Este é o cemitério mais antigo da cidade de Salvador, capital do estado da Bahia, com uma população de 2,9 milhões de habitantes (IBGE, 2014), funcionando desde 1º de maio de 1844, em área de cerca de 76.000m<sup>2</sup>. Continua em plena atividade, com sepultamentos diários de cadáveres, membros amputados e restos mortais em campas, carneiros e covas rasas, sendo estas últimas prováveis poluidoras do solo e aquíferos, não apenas pelo fato da inumação ser feita diretamente no solo como, também, pelo número médio de 600 sepultamentos/ano (50/mês), indicando alta saturação à área destinada a esse fim.

##### 4.1. Localização

O Cemitério está localizado em uma pequena elevação geográfica da cidade onde se originaram dois bairros, o Alto das Pombas e o Calabar. Além dessas comunidades, as adjacentes também utilizam água oriunda de poços que estão situados na rota do fluxo superficial (Figura 1A). Por conta do alto índice pluviométrico da região, os aquíferos estão em constante recarga hídrica e afloram nos vales situados no entorno da elevação (Figura 1B), onde está o cemitério do Campo Santo.

##### 4.2. Caracterização da área de estudo: aspectos hidrológicos, litológicos, pedológicos e geoquímicos

O município de Salvador está situado entre as coordenadas geográficas 12<sup>o</sup>53'54" e 13<sup>o</sup>00'59" de latitude Sul e 38<sup>o</sup>18'31" e 38<sup>o</sup>32'20" de longitude a Oeste de Greenwich, limitando-se ao Sul e Leste com o Oceano Atlântico e a Oeste com a Baía de Todos os Santos. O cemitério do Campo Santo se encontra em uma região do Alto Cristalino, denominada de Planalto Costeiro Rebaixado. O Alto Cristalino de Salvador abrange uma área de 244km<sup>2</sup> e apresenta uma geologia complexa com diversidade de tipos de rochas metamórficas. As unidades líticas dessas rochas chamadas de granulitos (AQUINO, 2008) têm, possivelmente, origem primária

associada a magmas cálcio alcalinos de baixo potássio (PINHO *et al.*, 2003 *apud* AQUINO 2008). O Alto Cristalino de Salvador é subdividido em dois domínios petrológicos, separados pela Falha do Iguatemi, e consiste de granulitos monzoníticos-monzodioríticos no leste da Falha, cujas elevações do

embasamento cristalino são menores, e por granulitos tonalítico-charnoenderbíticos predominantemente no oeste da Falha (BARBOSA *et al.*, 2005). O cemitério do Campo Santo se encontra sobre o domínio das rochas chanoenderbíticas.

**Figura 1. Área do Cemitério do Campo Santo**



Fonte: adaptada do Google Earth (A) e elaboração própria (B).

Nascimento e Barbosa (2005) consideram que as águas subterrâneas são armazenadas em dois domínios distintos, caracterizando um sistema aquífero misto que armazena água na cobertura e no sistema fissural ao mesmo tempo, como ocorre na região do Cemitério. No aquífero fissural, a capacidade de armazenamento é mais

limitada e está restrita às zonas onde as fraturas estão mais concentradas. As rochas do Alto Cristalino são cobertas por um espesso manto regolítico e pela Formação Barreiras, caracterizando, no local do Cemitério, um aquífero não confinado, misto e interdependente entre o tipo fissural e as coberturas. Essas coberturas recebem uma

taxa de recarga contínua o ano todo, por conta da pluviosidade, possibilitando seu uso continuado sem grandes rebaixamentos (NASCIMENTO, 2008).

O regolito na área de estudo é, de maneira geral, de cor avermelhada, predominantemente argilosa, contendo teores de argila superiores a 35% (NASCIMENTO, 2008). Os solos observados no Alto Cristalino são, predominantemente, latossolo vermelho escuro distrófico com relevo ondulado a suave ondulado e o latossolo vermelho-amarelo distrófico, ambos com argila de atividade baixa, relevo ondulado a suave ondulado e associados às rochas do complexo de rochas metamórficas granulitizadas. Em consequência do intemperismo químico ocorrido nessas rochas pela ação da água subterrânea, ocorreu a degradação de minerais aluminosos e magnesianos, formando a argila que predomina no local. Argilossolos predominam na área de estudo sobre granulitos tonalíticos e chanoenderbíticos.

Um solo argiloso consegue reter líquido, pois seus grãos são muito pequenos e sua área superficial maior, na qual as moléculas do líquido conseguem ficar sorvidas. Para retirar água ou contaminantes de solos argilosos, é necessária uma pressão maior do que em solos arenosos. Devido ao seu caráter predominantemente areno-argiloso e pouca espessura, os aquíferos são de armazenamento reduzido e a capacidade de produção dos poços é limitada (NASCIMENTO; BARBOSA, 2009).

## 5. MÉTODO

O estudo teve caráter exploratório para fins de diagnóstico de qualidade da água, e iniciou com a etapa de consulta bibliográfica, com levantamento de artigos científicos, livros e teses nas bases de dados e periódicos consultados, e revisão da bibliografia referente ao tipo e objeto de estudo: a água subterrânea para consumo humano com sua qualidade alterada pelo necrochorume. A revisão foi o ponto de partida para que fossem estabelecidos os critérios de seleção da área de estudo dentre os cemitérios de Salvador, como: proximidade com um cemitério antigo da Cidade, cadastrado no Vigisolo; Índice de Saturação elevado (número de

sepultamentos/ano); sepultamento por inumação em covas rasas; localização considerada vulnerável quanto aos aspectos geográficos e geológicos; presença de moradias na circunvizinhança; uso de água subterrânea, inclusive para consumo humano; fluxo superficial de água convergente para a região; e existência de poços em atividade, preferencialmente, funcionando como soluções alternativas de abastecimento de água cadastradas no Siságua ou não.

Foram escolhidos os parâmetros de análises relacionados à legislação vigente de potabilidade e balneabilidade (Microbiológicos: *E. coli*; e Físico-químicos: pH, cor aparente, turbidez) e à presença de contaminação por necrochorume por meio da detecção de *C. perfringens*. Realizou-se uma busca ativa de poços rasos e de surgências à montante e à jusante do Cemitério, especialmente próximos à área de inumação direta no solo, com obtenção e registro de informações por meio de formulário a respeito de características do poço, tais como, profundidade, conservação, propriedades organolépticas e destinação da água explotada, sendo então realizada a seleção dos poços para o estudo.

A seleção do cemitério do Campo Santo para a realização deste estudo ocorreu tanto por este atender aos critérios pré-estabelecidos como, também, por ser o único dos 15 existentes na Cidade que, até o início da pesquisa, havia sido estudado quanto às condições ambientais, tais como a qualidade do solo e da água coletada de poços de monitorização no interior da necrópole. A segunda etapa constou de coleta de amostras de água subterrânea nos pontos selecionados mediante os critérios mencionados, em dois períodos do ano, e de análise em laboratório; e na última etapa, realizou-se a sistematização dos dados e interpretação dos resultados. O presente estudo não contemplou a monitorização do nível de água do lençol freático, mas utilizou dados referentes a questões de vulnerabilidade do aquífero na região e entorno do Cemitério, a partir de estudos em escala regional.

### 5.1. Plano de amostragem

Os pontos selecionados estão localizados na Av. Centenário ou próximos à mesma, à montante e à jusante do local considerado de alto risco na área pertinente ao Cemitério,

segundo estudo realizado por Aquino (2010). Esses pontos situam-se na parte baixa do pequeno morro onde se encontra o cemitério do Campo Santo e na rota do fluxo de escoamento de água superficial, proveniente dos índices de pluviosidade e infiltração no solo, de acordo com os critérios indicados para a escolha da área de estudo. Os pontos de coleta estão no mesmo lado da Av. Centenário, onde se encontra a área de inumação direta do Cemitério, inclusive o ponto no qual foi coletada a amostra controle (P I), que está situado à jusante, mais distante do Cemitério (Figura 1B).

Foram levantados em busca ativa oito (8) poços rasos da região em questão, sendo um inicialmente estabelecido como ponto controle (I) e uma surgência (fonte natural), totalizando nove (9) pontos amostrais nos dois períodos de coleta. Na segunda campanha, coletou-se uma amostra adicional no ponto I (IB) e outra no ponto IX, totalizando a coleta e análise de 18 amostras. O ponto de coleta IX é um local onde ocorre uma surgência natural.

A coleta ocorreu em dois períodos do ano: chuvoso (abril a agosto) e seco (setembro a março), em 28/08/2013 e 10/02/2014, respectivamente.

## 5.2. Análises das amostras de água

As análises das amostras de água foram procedidas em laboratórios de referência de qualidade da água para consumo humano (Laboratório Central do Estado da Bahia – LACEN e Laboratório de Microbiologia da Faculdade de Farmácia da UFBA). Foi feita comparação com valores referenciais e parâmetros de potabilidade de acordo com a metodologia analítica, atendendo as normas nacionais e internacionais mais recentes, tais como o *Standard Methods of Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). Os parâmetros analisados foram:

### a) Físico-químicos

**Turbidez** – realizada com auxílio de turbidímetro.

**pH** – realizada com auxílio de pHmetro.

**Cor aparente** – realizada por comparação com a intensidade de cor da amostra contra a série de padrões de cor e, posteriormente, anotados os valores da leitura C.A., como unidade de cor aparente.

### b) Microbiológicos

***E. coli*** – o procedimento para quantificação dos microrganismos consiste na filtração de 100mL de amostra ou de sua diluição através de membrana com diâmetro de poro de 0,45µm. Após a filtração, a membrana contendo bactérias era colocada em placa de Petri sobre o meio de cultura, e incubada a 36°C±1°C por 24 h±1h. Após o tempo de incubação, a contagem das unidades formadoras de colônias (UFC) foi realizada baseando-se na coloração azul escuro a violeta para *E. coli*. Os resultados foram expressos em UFC/100 mL.

***Clostridium perfringens*** – para determinar a concentração deste microrganismo, utilizou-se a técnica de tubos múltiplos, a mais utilizada, descrita no método de ensaio CETESB L.5. 213 (CETESB, 1993).

## 5.3. Avaliação dos resultados

Foram elaboradas tabelas e cartogramas utilizando ferramentas como programas específicos de georreferenciamento (SURFER 9.0/ARGIS), para facilitar a análise e avaliação dos dados gerados. Os resultados obtidos foram confrontados com aqueles apresentados pelas referências constantes da revisão bibliográfica e com os valores estabelecidos na legislação específica, de modo a verificar os índices de qualidade da água por meio dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos constantes nas mesmas, bem como outros indicadores que têm relação com contaminação por necrochorume, como o *C. perfringens*. Em paralelo, foram avaliados teores de amônia, sólidos totais dissolvidos e a condutividade elétrica, em análises realizadas por pesquisador associado, em amostras coletadas nos mesmos pontos (WEST, 2014).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados obtidos das amostras de água subterrânea referentes aos períodos chuvoso (8 amostras) e seco (10 amostras). Foi destacada a coluna do ponto I por este ser prioritariamente o controle dos demais pontos de coleta. Como apresentado na Tabela 1, os resultados da qualidade da água subterrânea, no período chuvoso, mostram parâmetros físico-químicos e presença de *C. perfringens* em inconformidade com as normas nacionais,

o mesmo acontecendo no período seco, conforme apresentado pela Tabela 2. Os resultados da qualidade da água subterrânea das amostras coletadas nas duas campanhas, períodos seco e chuvoso, apresentaram diferenças em alguns parâmetros entre si, verificando-se que no período seco foi mais expressivo, com destaque para os valores de concentração encontrados para o clostrídio sulfito-redutor, *C. perfringens*, cuja presença é detectada quando se faz presente acima de 1,1 NMP. Na segunda campanha, foram coletadas mais duas amostras adicionais (I B e XI). I B foi proveniente do mesmo SAC I, porém coletada na saída do tratamento, realizado com cloração. O ponto de coleta XI é um local onde ocorre uma surgência natural. Os demais pontos amostrados no período chuvoso se mantiveram. Destacam-se pontos residenciais em sua maioria, SAC (2), SAI (6) e uma surgência.

Nos resultados das primeiras análises, dentre as alterações encontradas em relação aos parâmetros preconizados pela legislação brasileira, os valores do pH, de praticamente a totalidade dos pontos amostrados (exceto o ponto VIII), encontram-se em desacordo com os valores entre 6,0 e 9,5 estabelecidos na Portaria nº 2.914/2011, do MS, e pela Resolução Conama nº 396/2008 (que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento de águas subterrâneas) (BRASIL, 2011; 2008a). Com relação à Portaria nº 2 do MS (água de consumo humano), o valor máximo permitido para o pH se aplica apenas à água tratada, porém, embora as amostras analisadas sejam de água sem tratamento, ela pode ser classificada como água doce, Classe 2, que tem VMP para pH enquadrado neste mesmo intervalo, tal como na Resolução Conama.

**Tabela 1. Resultados da análise da qualidade da água subterrânea (período chuvoso) nos 8 pontos de coleta amostrados**

Pontos de coleta (poços)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Turbidez(uT)	0,02	0,02	5,0	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Ph	5,42	5,37	5,80	5,74	5,64	5,49	5,99	6,01
Cor aparente (uHz)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. coli</i> (em 100ml)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
<i>C. perfringens</i>	<1,1 NMP	5,1 NMP	5,1 NMP	3,6 NMP	<1,1 NMP	2,2 NMP	2,2 NMP	<1,1 NMP

Fonte: dados da pesquisa.

**Tabela 2. Resultados da análise da qualidade da água subterrânea (período seco) dos 9 pontos de coleta amostrados**

Ponto de coleta (poços)	IA	IB	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI
Turbidez ( uT)	0,02	0,20	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,18	0,02	0,19
pH	5,80	6,32	5,39	6,29	5,55	6,05	5,97	6,55	6,05	6,41
Cor aparente(uHz)	5,0	10,0	0,0	0,0	50	5,0	0,0	10,0	0,0	0,0
<i>E. coli</i> ( em 100mL)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
<i>C. perfringens</i> (em 100ml)	1,6 x10 NMP	>2,3 x10	6,9 NMP	3,6 NPM	>2,3 x10 NMP	6,9 NMP	2,2 NMP	9,2 NMP	6,9 NMP	5,1NMP

Fonte: dados da pesquisa.

Os valores encontrados relacionados aos parâmetros turbidez e cor aparente atendem aos limites recomendados, exceto no ponto III, para turbidez. Esta amostra equivale a 12,5% das amostras monitorizadas no

período chuvoso, indo de encontro ao VMP de 5%. Como a água não é tratada, esse resultado não foi considerado, diante do número de amostras, um indicador de inconformidade ou de relevância sanitária.

Com relação às análises microbiológicas, foi constatada a ausência de *E. coli* e presença de *Clostridium perfringens* na maior parte das amostras, pontos II, III, IV, VI e VII (Tabela 3).

Os resultados das análises físico-químicas da segunda campanha de amostragem, período seco, mostraram-se em inconformidade com relação ao parâmetro pH nos pontos IA, II, IV e VI. Com relação ao parâmetro turbidez, todas as amostras coletadas tiveram seus resultados dentro dos limites máximos. A cor nos pontos IA, IB, IV, V e VII apresentou um valor mais elevado, porém, segundo a Portaria nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011), o VMP é de 15uHz.

Quanto aos resultados microbiológicos, a *Escherichia coli* continuou ausente, porém, os valores encontrados de *Clostridium perfringens* foram bem mais expressivos quantitativamente, estando presente em todos os pontos amostrados (Tabela 3). Foi observado que no período chuvoso o resultado

quantitativo e qualitativo foi menos expressivo, possivelmente devido à sua diluição nas águas subterrâneas. No período seco, alguns elementos e a presença de clostrídios sulfitorreduzidores se apresentaram em maior quantidade ou qualitativamente distintos em alguns pontos (Tabela 3).

Os resultados apresentados são considerados indicativos de contaminação por necrochorume, e estas evidências são reforçadas pelo fato de que não foram usados pontos de coleta no interior do Cemitério nem outros parâmetros que indicam esse tipo de contaminação. West *et al.* (2014) encontraram evidência semelhante, pois detectaram concentrações altas de nitrato e amônia em pontos próximos ao cemitério estudado, nos mesmos pontos (P II, P IV e P V) do presente estudo. O nitrito e nitrato são produtos da degradação (oxidação) da amônia, e valores elevados deste composto caracterizam fontes de contaminação próximas e recentes.

**Tabela 3. Resultados das análises microbiológicas das amostras de água subterrânea, nos pontos de coleta, nos períodos chuvoso e seco**

Parâmetros microbiológicos	C. <i>perfringens</i>	Período	IA	IB	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI
		Chuvoso	<1,1 NMP	—	5,1 NPM	5,1 NPM	3,6 NPM	<1,1 NMP	2,2 NPM	2,2 NPM	<1,1 NMP	—
		Seco	1,6 x10 NMP	>2,3 x10 NMP	6,9 NMP	3,6 NMP	>2,3 x10 NMP	6,9 NMP	2,2 NMP	9,2 NMP	<6,9 NMP	5,1NMP
<i>Escherichia coli</i>			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

NMP/100ml: Número mais provável por 100 ml; A: ausente.

Fonte: dados da pesquisa.

### 6.1. Relevo e fluxo superficial, determinando o fluxo subterrâneo, e as evidências de contaminação

A contaminação das águas subterrâneas é variada, classificada conforme sua forma de distribuição espacial em pontuais e difusas. As fontes de contaminação pontuais, como os cemitérios, normalmente produzem plumas de contaminação definidas e concentradas, o que facilita sua identificação (MARTELLI *et al.*, 2012). A partir dos resultados obtidos, foi realizada uma estimativa do fluxo da água subterrânea mostrado nos cartogramas (Figuras 2 e 3), nos quais pode ser observado que o fluxo superficial e subterrâneo coincide com os resultados positivos que se correlacionam à

infiltração da água proveniente do Cemitério no solo. Segundo Braz *et al.* (2000), o uso de softwares contribui para a identificação da direção e o sentido do fluxo subterrâneo e a consequente área da contaminação, mostrados, especialmente, na avaliação das análises bacteriológicas efetuadas. Devido ao relevo e à hidrologia específica da região, e baseando-se nos resultados das duas coletas de amostras de água realizadas, identifica-se que pode haver pluma de contaminação proveniente da atividade do Cemitério, indicada, especialmente, no período seco.

No cemitério do Campo Santo, Aquino (2008) descreveu zonas de médio e alto risco, utilizando, unicamente, a vulnerabilidade intrínseca visualizada nos cartogramas

(Figuras 2 e 3), e demonstrou que tais zonas influenciam na determinação da presença de contaminação remota por *C. perfringens*, sendo que em alguns dos pontos os valores em NMP não são indicados quantitativamente no cartograma, o qual mostra esses resultados de forma figurativa, mas não quantitativa, por conta de limitações do *software* utilizado. Esse fato ocasiona, aparentemente, índices menores no período seco, conforme os gráficos plotados no cartograma, justamente no período onde os valores encontrados foram mais altos (Figura 2 e 3). Se a taxa de concentração de *C. perfringens* foi aferida em  $>2,3 \times 10$  NMP (mais de 10 tubos com resultado positivo, segundo a metodologia utilizada), o *software* utilizado registra o valor exato de 23. Entretanto, a técnica possibilita a verificação espacial da localização dos pontos de coleta e a comparação, a grosso modo, dos níveis encontrados entre eles em cada época de coleta, associando-os ao fluxo subterrâneo.

O ponto destinado a princípio para controle (P I) surpreendeu com resultados positivos para clostrídios, e a segunda coleta no período seco apresentou concentrações elevadas, até maiores que as demais próximas à zona de risco alto do Cemitério, outro indício de presença de pluma (Figura 2 e 3).

A maior parte dos pontos amostrados pertence à Bacia de Ondina, inclusive um curso d'água completamente degradado, que corre paralelo à Rua Nova do Calabar, em área bastante impermeabilizada, no fundo dos lotes lindeiros a esta rua, cujo sentido de fluxo das águas indica que as áreas de contribuição para o mesmo pertencem, realmente, a esta bacia e fazem parte dela, além do bairro do Calabar, os bairros de Ondina e Alto das Pombas, e as localidades de Jardim Apipema, Alto de Ondina e São Lázaro (SANTOS *et al.*, 2010).

A área que corresponde a essa bacia fazia parte da Bacia do Rio dos Seixos (Barra/Centenário), mas, segundo Santos *et al.* (2010), a existência de nascente de um córrego que drena a localidade de Jardim Apipema e do bairro do Calabar, onde foi observado um suave caimento no terreno, justificou a delimitação desta bacia, sendo os limites entre ela e a Bacia do Rio dos Seixos ao Sul, e a Bacia do Lucaia ao Norte. A topografia local e o relevo da pequena elevação onde se encontra o Cemitério são

determinantes para o escoamento da água superficial e a percolação dos contaminantes no solo e na água subterrânea.

Na primeira coleta de amostras de água realizada pelo presente estudo, detectaram-se pontos do bairro do Calabar onde foram encontrados indicativos de presença de *C. perfringens*, bem como alterações de pH em todos os pontos. O solo da região possui altos teores de ferro (NASCIMENTO, 2005), existindo uma contaminação natural que contribui para alteração da cor e turbidez da água subterrânea, sendo que nessa campanha essas propriedades não se mostraram presentes ou significantes. Boa parte da água drenada do Cemitério segue em direção ao vale onde está a maior parte dos poços amostrados. Os pontos II e III são justamente os considerados mais críticos, sejam em valores do pH ou em concentração de *C. perfringens*, por estarem muito próximos das áreas onde ocorrem sepultamento em covas rasas e na rota do fluxo de água contendo resíduos de coliquação. Nesta área, o aquífero é raso e concentra toda a natureza de lixiviados provenientes do escoamento no período de maior pluviosidade.

Os pontos P I, P V e P VIII tiveram valores de *C. perfringens* mais atenuados, provavelmente, por conta do distanciamento da fonte poluidora, ainda que presentes na rota de contaminação. Ao longo do fluxo, é possível que tenha havido degradação ou diluição dos contaminantes no halo de dispersão hidrogeoquímica que favorece o desaparecimento gradual à medida que ocorre o afastamento do ponto de contaminação. Os mecanismos de dispersão e retardamento da migração dos contaminantes químicos e microbiológicos na cobertura de solo e no meio rochoso fissural dependem, basicamente, do clima, tipo de solo e da natureza dos microrganismos (CASTRO, 2008). Além disso, fenômenos como a precipitação química, degradação química e biológica, volatilização, consumo biológico e adsorção podem interferir na infiltração para zonas mais profundas do solo, evitando ou degradando os contaminantes (FEITOSA; MANOEL FILHO, 1997).

No período seco, pode-se observar elevação das concentrações de *C. perfringense* e maior variação de pH. O parâmetro cor mostra-se elevado em alguns

pontos, e isso pode ser reflexo da alteração dos minerais ferro-magnesianos existentes em algumas rochas metamórficas do local e que sofrem intemperismo químico. Aqui, os pontos I A, I B, IV e VII tiveram resultados mais expressivos, sendo os primeiros discrepantes em relação ao período chuvoso.

Tal distribuição sugere que os períodos de baixa precipitação pluviométrica favorecem o aumento das populações de microrganismos na região do Cemitério, devido à diminuição do fluxo local de água subterrânea (Figuras 2 e 3) e provável aumento natural da temperatura média no regolito (CASTRO, 2008).

Apesar de alguns desses pontos estarem mais distantes da fonte de contaminação, como no caso do ponto I, há indicação que possivelmente o deslocamento da pluma segue o sentido do fluxo superficial e subterrâneo estimado. Braz *et al.* (2010) consideram que este não, necessariamente, coincide com a direção do fluxo das águas superficiais, podendo apresentar variações locais devido à presença de heterogeneidades litológicas, o que pode explicar a redução dos valores de *C. perfringens* no ponto III e manutenção dos valores no ponto VI.

As análises realizadas, em especial as que permitiram a detecção de *C. perfringens* nos dois períodos, sugerem possível contaminação da água subterrânea por necrochorume. Foram constatadas alterações, principalmente, nos valores de pH, cor e ausência de *E. coli* em ambas as campanhas, o que indica apenas contaminação remota, de origem não fecal, visto que esse coliforme termotolerante não sobrevive muito tempo na água, sendo encontrado apenas em situações onde há proximidade com covas mais recentes (menos de um ano). Junqueira *et al.* (2006) consideram que outras espécies de bactérias, como a *Pseudomonas aeruginosa*, que se adapta ao ambiente rico em matéria orgânica como cemitérios, de forma versátil, limitam as condições de vida da *Escherichia coli*, pois criam uma situação desfavorável para esta última, que sucumbe à competição. Pode-se inferir que sua possível presença poderia estar mascarando o resultado obtido para esse parâmetro.

Franca *et al.* (2006) mostraram que, na maioria dos corpos d'água, o pH pode ser influenciado pela alteração da temperatura, atividade biológica e lançamentos de

efluentes. Em paralelo, o decréscimo de pH, provavelmente, é oriundo de uma alta decomposição orgânica, acidificando a água (TERRA, 2008). A região estudada é servida pelo sistema de esgotamento sanitário de Salvador, o que demonstra pouca interferência de contaminação por esgotos sanitários ou mesmo de outras afins que conduzam a esse tipo de consequência. No caso do pH, quanto maior for seu valor de acidez no meio, maior será a influência no aumento na dissolução de substâncias (BRASIL, 2006), tornando os produtos da coligação cada vez mais disponíveis. Na segunda campanha de coleta e análise de amostras de água subterrânea, verificou-se que em alguns pontos (II, VI, VII e VIII) houve um leve aumento dos níveis de pH, o que não foi muito significativo, mas pode indicar alguma modificação bioquímica no solo ou na água, como no período de estiagem que diminuiu a diluição de substâncias que abaixam o pH. De acordo com Oliveira (2009), a acidez encontrada pode ser inerente ao meio ou pode ser causada por fenômenos atmosféricos, presença de matéria orgânica no meio ou por substâncias utilizadas nas práticas funerárias. Como o potencial hidrogeniônico controla a maior parte das reações químicas e atividade microbológica, a formação de gases é atribuída às suas variações, quando no solo.

Houve alteração do valor da cor aparente na segunda rodada nos pontos I A, V e VI. Considerando que o ponto de onde se retirou a amostra I B não foi contemplado na primeira campanha, sendo proveniente do mesmo SAC, mas que apresentou valor alto aferido em 10 uHz, pode-se imaginar que substâncias e outros fatores desconhecidos tenham interferido. Segundo Neira *et al.* (2008), componentes orgânicos e inorgânicos do solo, tais como metais, o ferro, por exemplo (NASCIMENTO, 2005), e os próprios parâmetros pH e turbidez podem alterar a coloração das águas naturais.

De acordo com Silva *et al.* (2006), assim como a cor, a turbidez para água de abastecimento tem importância sanitária e estética. Nos processos de desinfecção, as partículas responsáveis por ela abrigam microrganismos que se protegem da ação do desinfetante. Neste aspecto, o grau de inconformidade foi desprezível visto que a única alteração foi no ponto V, no período

chuvoso, e pode estar correlacionada à abundância de partículas lixiviadas da erosão e carreamento de matéria orgânica durante as precipitações naturais do período.

Foi constatada a contaminação por *C. perfringens*, cujo valor abaixo de 1,1NMP/100mL é considerado ausência. Segundo Enetério (2009) e Martins *et al.* (1991), amostras de água subterrânea que apresentem baixo valor de indicadores de poluição fecal (coliformes termotolerantes), porém, com maior número de bactérias anaeróbias (clostrídios sulfitos-redutores-CSR), demonstram uma provável contaminação oriunda das covas. Na bibliografia específica, há controvérsias sobre a forma de infecção mais perigosa por esta espécie. Todavia, muito do que foi pesquisado a respeito evidencia um maior risco no contato da pele com a água contaminada, não tanto por meio da ingestão. A maior parte dos usuários dos sistemas alternativos de abastecimento de água nas redondezas do cemitério do Campo Santo (a maioria residências com SAI) relata que, geralmente, usa água tratada para ingestão, distribuída pela prestadora do serviço público de abastecimento, e utiliza a água do poço, principalmente, para banho, lavagem de utensílios e de roupas, mas muitos usam para a higiene pessoal, estabelecendo uma via de contaminação perigosa. Em caso de intermitência no sistema público de distribuição de água, os que não possuem “fonte” recorrem aos que possuem, ampliando assim, o número de pessoas expostas.

Embora parte das amostras de água dos poços estudados apresente a qualidade da água supostamente dentro dos limites desejados e seja considerada apropriada para os parâmetros analisados, inclusive para consumo humano, de acordo com os padrões microbiológicos de potabilidade e balneabilidade preconizados pela legislação brasileira (Portaria nº 2.914/2011, do MS, e Resoluções Conama nºs 357/2005 e 396/2008) (BRASIL, 2011; 2005; 2008a), pode-se afirmar que a presença de *C. perfringens*, mesmo não sendo um parâmetro considerado nesse arcabouço legal, possibilita um risco em potencial aos usuários desta água na região estudada. Esse microrganismo foi utilizado neste estudo como indicador de contaminação

remota e como um bom indicador da contaminação por necrochorume (SILVA, 2012) e, segundo Matos (2001), é bastante persistente neste meio.

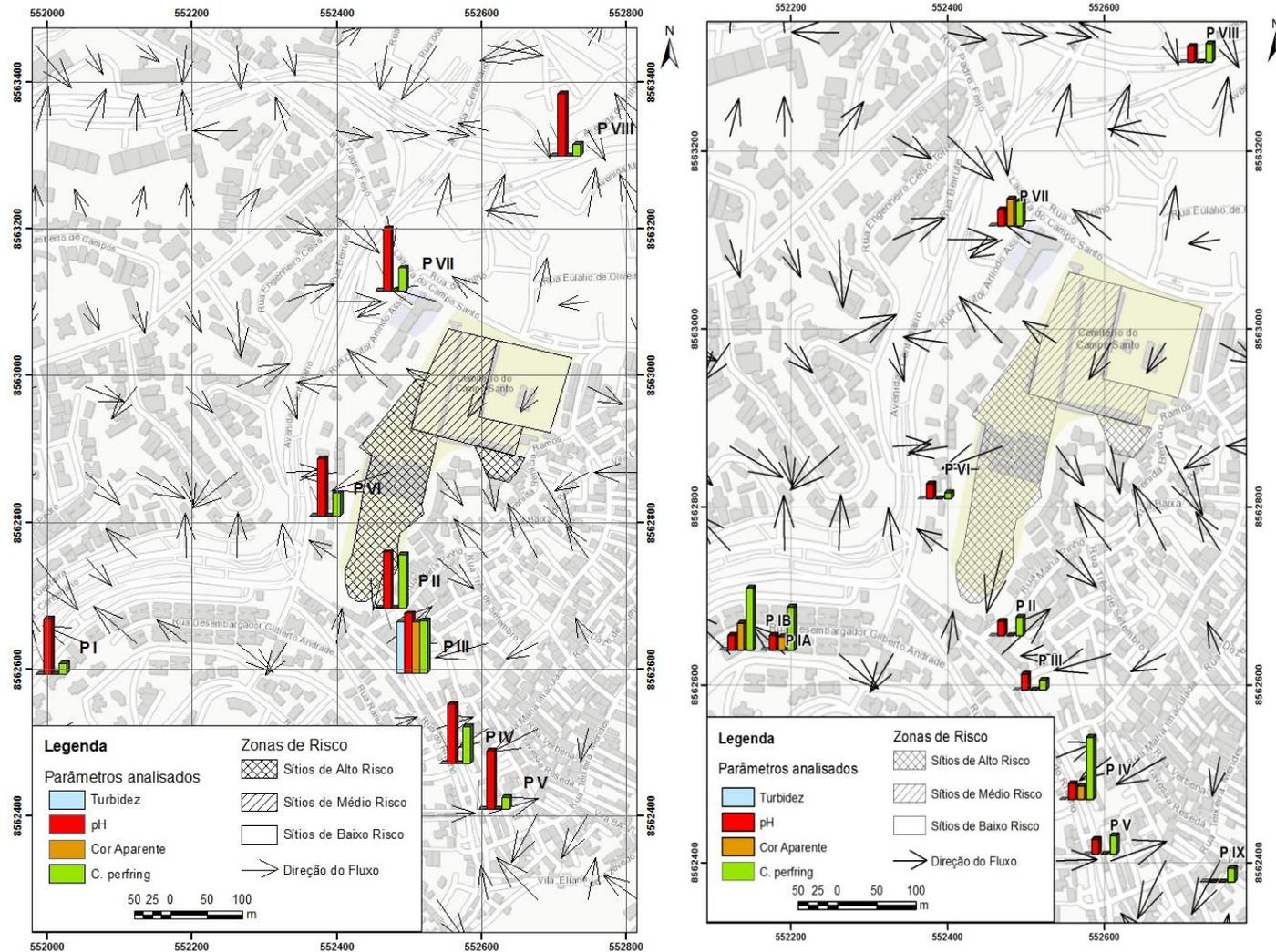
Torna-se, assim, necessário informar aos usuários de soluções alternativas de abastecimento de água sobre o risco desse consumo, bem como demonstrar a necessidade de inclusão de determinados parâmetros específicos para a análise de amostras de água para consumo humano, em regiões ambientalmente vulneráveis. West *et al.* (2014) consideram que um método já foi desenvolvido para determinar, por exemplo, aminas bioativas (putrescina e cadaverina) na água subterrânea, o qual identificará com maior precisão uma contaminação proveniente do necrochorume.

De acordo com o fluxo estimado de água superficial e subterrâneo, e com os valores de cada parâmetro encontrado nas amostras de água subterrânea oriundas dos poços no entorno do referido Cemitério, há indicação que ocorre a contaminação do aquífero de onde é captada a água para consumo humano, visto que a presença do solo argiloso a areno-argiloso, o relevo, a pluviosidade, a localização espacial da área de inumação no solo e os pontos onde foram coletadas as amostras de água, bem como a presença de contaminação em ponto mais distante, sugere a presença de pluma de contaminação difusa, em especial por conta do *trend* de dispersão do *C. perfringens*, concordante como fluxo subterrâneo (Figura 2 e 3).

O número de amostras coletadas, no entanto, é pequeno para evidenciar estatisticamente o risco, mesmo que existam evidências de contaminação. Uma correlação mais consistente entre a presença, a intensidade da contaminação, o impacto do necrochorume na qualidade da água consumida nas adjacências do cemitério estudado e a interferência de outras fontes de contaminação seria melhor demonstrada por meio da análise de outros parâmetros que indicam contaminação por necrochorume.

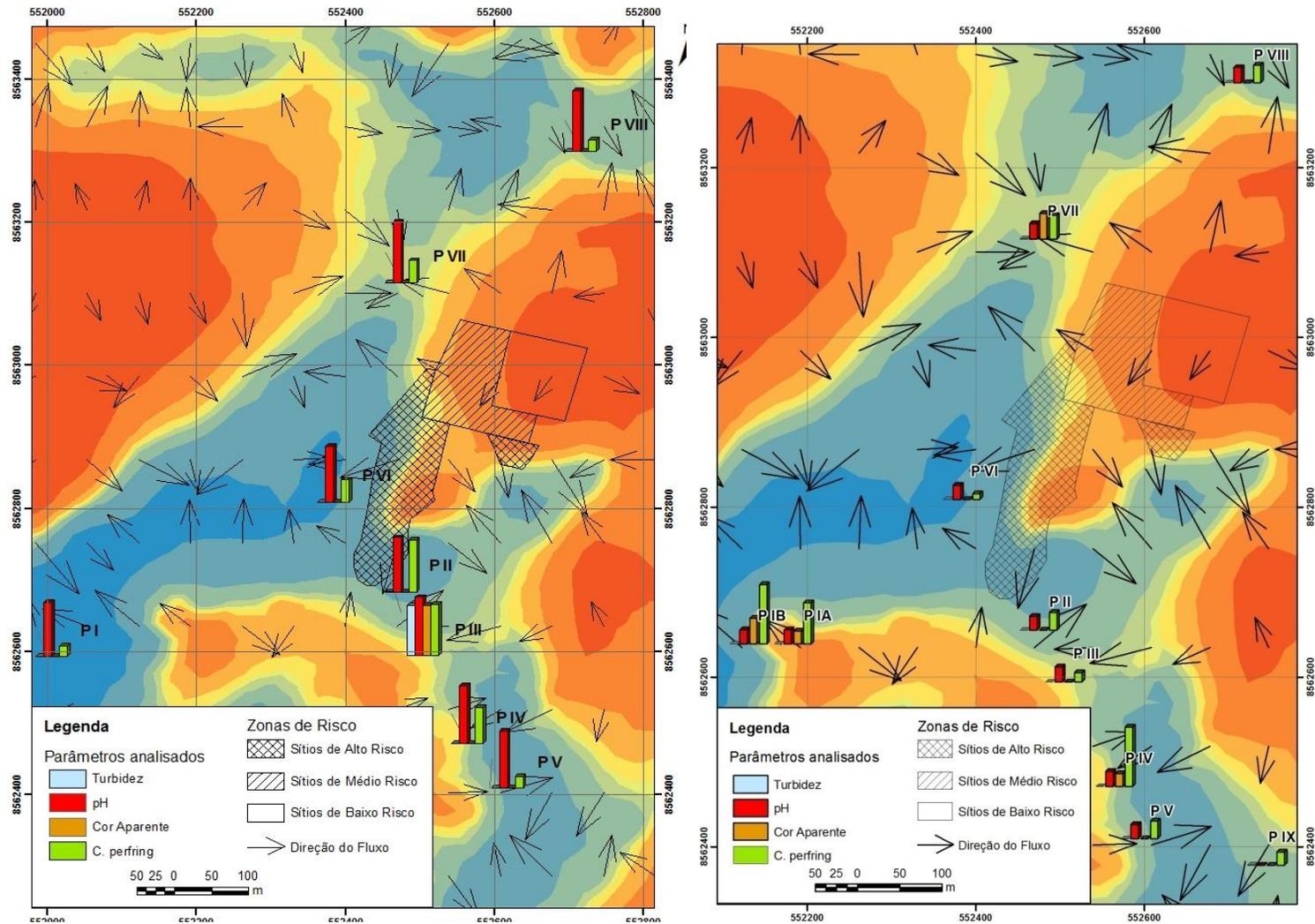
Alguns pesquisadores (GÚZMAN *et al.*, 2009; KARR JR., 1998 *apud* MORAES; JORDÃO, 2002; NASCIMENTO *et al.*, 2009), baseados em resultados similares obtidos em suas pesquisas em outros estados e países,

**Figura 2. Cartograma evidenciando taxas de indicadores de necrochorume encontrados (Esquerda: Período chuvoso; Direita: Período seco)**



Fonte: elaboração própria, adaptada de Aquino (2008).

**Figura 3. Cartogramas de estimativa de fluxo subterrâneo e trend de dispersão de contaminantes compatível com fluxo superficial (Esquerda: Período chuvoso; Direita: Período seco)**



Fonte: elaboração própria, adaptada de Aquino (2008).

alertam para a necessidade da realização de investigações sistemáticas, principalmente, em áreas residenciais próximas a cemitérios, onde há utilização de água subterrânea por meio de poços. A frequência de amostragem para água tratada, estabelecida na Portaria nº 2.914/2011, do MS (BRASIL, 2011) seria ideal, visto que a água subterrânea, apesar de nem sempre receber tratamento, é usada como fonte de abastecimento para consumo humano. Os órgãos ambientais, incluindo os de recursos hídricos, bem como os da saúde, devem promover a implementação de Áreas de Restrição e Controle do Uso da Água Subterrânea, em caráter excepcional e temporário, quando, em função da condição da qualidade e quantidade da água subterrânea, houver a necessidade de restringir o uso ou a captação da água para proteção dos aquíferos, dos ecossistemas e da saúde humana, conforme indica a legislação atual. A Lei nº 11.445/2007, Lei Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2007), não se aplica a todos os casos de abastecimento de água, visto que nem todas as fontes de suprimento são SAC, considerados como serviço público quando ocorre sua adução e reservação. O seu Art. 5º estabelece que não constitui serviço público a ação de saneamento básico executada por meio de soluções individuais, desde que o usuário não dependa de terceiros para operar os serviços, bem como as ações e serviços de saneamento básico de responsabilidade privada, incluindo o manejo de resíduos sólidos de responsabilidade do gerador.

A Lei nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007) considera impedimento quanto ao uso de soluções alternativas coletivas e individuais, salvo em situações de emergência e intermitência, sempre devendo se priorizar a utilização de água da rede pública de abastecimento. O conteúdo dessa Lei foi detalhado para facilitar as interpretações de partes divergentes do Decreto nº 7.217/2010 (BRASIL, 2010) que regulamenta a Lei Nacional de Saneamento Básico, inclusive reiterando o Art. 16 da Portaria nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011) que estabelece não poder haver mistura da água (Art. 7º), e que a utilização de um SAI só deve ocorrer na ausência de abastecimento público.

O estudo mostra evidências de contaminação da água subterrânea por

necrochorume, utilizada para consumo humano, com base na detecção de *C. perfringens* na água da região do entorno do Cemitério do Campo Santo em Salvador-BA. Esse fato caracteriza possível risco no consumo desta água não somente para as pessoas em condições sociais desfavoráveis, mas também para os demais moradores de maior poder aquisitivo e de condições socioeconômicas melhores que vivem nas adjacências e que podem utilizar, eventualmente, essa água, inclusive misturando-a com a água tratada da rede pública de distribuição. Assim, possivelmente, alguns bares, restaurantes ou demais atividades comerciais existentes na região poderão estar usando, também, sistemas de abastecimento alternativo como complemento ao abastecimento proveniente da rede pública de distribuição, visando a reduzir despesas com a conta de água.

A utilização de parte dos parâmetros necessários e a pequena quantidade de amostras analisadas nos dois períodos de amostragem (chuvoso e seco) foram insuficientes para caracterizar de forma eficaz o cemitério do Campo Santo como sendo a única fonte poluidora do aquífero, mas foi suficiente para a percepção da existência de uma correlação positiva entre este e a presença de necrochorume no aquífero. A região é atendida pelo sistema de esgotamento sanitário da Cidade e não foram usados pontos de coleta de amostras de água no interior do Cemitério. A qualidade da água, tendo como referência os parâmetros físico-químicos e microbiológicos preconizados pela legislação e estabelecidos na metodologia, encontra-se em conformidade, mas a presença de *C. perfringens*, um patógeno de ampla virulência e infecção por diferentes vias de contaminação, é um indicador que serve como alerta para a suspeita de contaminação nessa região. Outros métodos, como os de detecção de putrescina e cadaverina, que vêm sendo desenvolvidos para análises em água, tornariam possíveis essas verificações, ampliariam a hipótese de contaminação proveniente do Cemitério e respaldariam as discussões e conclusões aqui apresentadas.

Estes resultados servem de alerta para que se promovam investigações, em caráter especial, nos aquíferos freáticos em regiões onde há cemitérios que ainda inunam

cadáveres de forma tradicional, situados em local vulnerável, e onde haja proximidade de residências, atividades comerciais e outros fins que utilizam SAC e SAI, além das adjacências.

Apesar de o estudo ter sido realizado em região e com população exposta restritas, serve de norteador para novos estudos nos contextos ambiental e de saúde pública, visto que não é dada, por parte das autoridades competentes, a atenção adequada ao problema cuja identificação se mostra importante para a prevenção à exposição de populações humanas e impactos à saúde pública.

Como ainda não há número substancial de pesquisas que estudam o comportamento do necrochorume no solo, e pouco se conhece a respeito de sua solubilidade, além de mecanismos de transporte de seus componentes, torna-se importante a ampliação de estudos com foco nessa questão, inclusive amparados por estudos hidrogeológicos.

Os autores consideram que a melhor solução para os cemitérios construídos antes da implantação das condicionantes ambientais, certamente, é a sua desativação gradual, com a busca de novas áreas por meio de estudos prévios, respeitando as características topográficas, hidrogeológicas, litológicas e estruturais, como estabelecido na legislação, sendo, inclusive, importante a implantação de mais crematórios e cemitérios verticais públicos e/ou privados, bem operados, mantidos e administrados, como já acontece em diversas cidades brasileiras.

Recomenda-se que, para fins de monitorização qualitativa e quantitativa das águas subterrâneas e seu uso para consumo humano, em áreas com um risco adicional pela presença de contaminantes específicos, como é o caso dos cemitérios, seria adequado um plano de amostragem específico, intersetorial, com uso, inclusive, de poços de monitoramento que podem ser perfurados em locais estratégicos, no interior do cemitério e em seu entorno. Com isso, pode-se retratar a situação de forma mais ampla e avaliar melhor a situação ambiental, impactos e comprometimento das águas superficiais e subterrâneas, bem como conhecer o quadro geral de riscos à saúde que envolve o consumo da água contaminada.

Recomenda-se, também, estender a monitorização usando os mesmos indicadores utilizados neste estudo, para as soluções alternativas nas demais regiões de cemitérios espalhados pela Cidade de Salvador, com SAC e SAI, em bairros periféricos, nos quais existem fontes de água e ocorre intermitência constante na rede pública de distribuição de água, uma vez que estes cemitérios e a população do seu entorno se encontram em situação talvez muito mais precária que o Cemitério do Campo Santo.

Mesmo que o uso de indicadores como *C. perfringens* ainda enfrente obstáculos, com detecção que pode ser onerosa, e que este parâmetro não pertença ao arcabouço da legislação atual para água subterrânea, nem para consumo humano, recomenda-se, a título de sugestão, a sua inclusão na revisão da Portaria nº 2.914/2011, do MS (BRASIL, 2011).

Sabendo-se que a OMS considera que “todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconômicas, têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado de água potável e seguro”, recomenda-se que os usuários da água subterrânea na área estudada sejam comunicados sobre os riscos apontados neste estudo. Dessa maneira, não só eles seriam preservados do uso de água de qualidade questionável, passando a usar formas de tratamento acessíveis e efetivas ou a água tratada da rede pública de distribuição, bem como este meio seria um instrumento de educação em saúde, que pode sensibilizá-los para o exercício do controle social. Tal atitude estimularia a participação de movimentos sociais, em conjunto com setores do governo, na elaboração e implementação de novas políticas públicas como mecanismo de intervenção socioambiental para as áreas em situação de vulnerabilidade, prezando pela liberdade universal no uso da água com qualidade, em detrimento da existência do sistema público de abastecimento de água.

## REFERÊNCIAS

ABAS. Cemitérios: risco potencial às águas subterrâneas. **Boletim Informativo da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas-ABAS**, n. 111, p. 118, fev. 2001.

ALMEIDA, A.M.; MACÊDO, J.A.B. Parâmetros físico-químicos de caracterização da contaminação do lençol freático por necrochorume. In: SEMINÁRIO DE GESTÃO AMBIENTAL – Um Convite a Interdisciplinariedade, 2005, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Instituto Viana Junior, 2005. Disponível em: [http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Lib/Image/art\\_125263061\\_contaminacao\\_por\\_necrochorume.pdf](http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Lib/Image/art_125263061_contaminacao_por_necrochorume.pdf). Acesso em: 04 out. 2014

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington, 2005.

AQUINO, J.R.F. **Os problemas ambientais no cemitério do Campo Santo de Salvador, Bahia, NE do Brasil**. 2008.111f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

\_\_\_\_\_; CRUZ, M. J. Os riscos ambientais do Cemitério do Campo Santo, Salvador, Bahia, Brasil. **Cadernos de Geociências**, Salvador, n. 7, p. 19-30, out. 2010. Disponível em: <[portalseer.ufba.br/index.php/cadgeoc/article/view/4094/2998](http://portalseer.ufba.br/index.php/cadgeoc/article/view/4094/2998)>. Acesso em: 01 maio 2012.

AYACH, L. R.; GUIMARÃES, S.T.L.; CAPPI, N.; AYACH, C. Saúde, saneamento e percepção de riscos ambientais urbanos. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 22, n. 37, p. 47-64, abr. 2012. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/3021/3865>>. Acesso em: 26 fev. 2013.

BARBOSA, J.S.F.; GOMES, L.C.C.; DOMINGUEZ, J.M.L.; CRUZ, S.A.S.; SOUZA, J.S. Petrografia e litogeoquímica das rochas da parte oeste do Alto de Salvador, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 4, p. 09-22, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de informática do Sistema Único de Saúde (Datusus) (2014). **Casos notificados de febre tifoide em Salvador-Ba**. Disponível em: <http://www.tabnet.saude.salvador.ba.gov.br/tabcgi.exe?sinannet/ftifoidenet.def>. Acesso: 17 ago. 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boas práticas no abastecimento de água**: procedimentos para a minimização de riscos à saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 252p.

\_\_\_\_\_. **Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico... Disponível em: <http://www.assemae.org.br/legislacao/item/89-lei-do-saneamento>. Acesso em: 03 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº. 7.217, de 21 de junho de 2007**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm). Acesso em: 03 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004**. Brasília: Diário Oficial, 26 de março de 2004. Seção 1, p. 266.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Programa Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano**. Brasília, 2003a. 39p.

\_\_\_\_\_. **Portaria nº 2914, de 12 de Dezembro de 2011**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2011. 34p.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 335, de 03 de abril de 2003**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2003b. Disponível em: <[www.mma.conama.gov.br/conama](http://www.mma.conama.gov.br/conama)>. Acesso em: 02 out. 2011.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <[www.mma.conama.gov.br/conama](http://www.mma.conama.gov.br/conama)>. Acesso em: 25 maio 2014.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008**. Classificação e Diretrizes Ambientais para o Enquadramento das Águas Subterrâneas. Brasília: DOU, 04 de abril de 2008a.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 402, de 17 de novembro de 2008**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008b. Disponível em: <[www.mma.conama.gov.br/conama](http://www.mma.conama.gov.br/conama)> Acesso em: 02 out. 2011.

BRAZ, V.; BECKMANN, L.; COSTA E SILVA, L. Integração de resultados bacteriológicos e geofísicos na investigação da contaminação de águas por cemitérios. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, I., 2000, Fortaleza-CE. **Anais...** São Paulo: ABAS, 2000. Disponível em: <http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/24012/16050>. Acesso em: 26 mai. 2014.

CAMPOS, A. **Avaliação do potencial de poluição dos solos e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemeterial**. 2007. 141f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Departamento de Saúde Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CARRILLO, M.G.M. **Investigación de Clostridium perfringens em agua potable em tanques y**

**cisternas del distrito de San Isidro, Lima.** 1988. 62f. Tese (para obtenção de grau acadêmico de bacharel em Biologia) – Universidade Particular Ricardo Palma, Lima-Peru, 1988.

CASTRO, D.L. Caracterização geofísica e hidrogeológica do cemitério Bom Jardim, Fortaleza – CE. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, p. 251-271, 2008.

CASTRO, A.M.S.M.; CÂMARA, V.M. Avaliação do programa de vigilância da qualidade da água para consumo humano em Salvador, Estado da Bahia. **Rev. Baiana Saúde Pública**, v. 28, n. 2, p. 212-226, 2004.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Clostridium perfringens**: determinação em amostras de água pela técnica dos tubos múltiplos. Método de ensaio L5/213. São Paulo: CETESB, 1993. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/servicos/normas---cetesb/43-normas-tecnicas---cetesb>. Acesso em: 08 jun. 2013.

COSTA, D.S.C.D.; SOUZA, R.M.D. Os potenciais impactos ambientais causados pelos cemitérios: necessidade de políticas públicas. In: **FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA**. Eixo Temático – Políticas Públicas, Ambiente e Sociedade, V. III. ANAP - Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista, Brasil, 2007. 12p.

CUNHA, F.J.S.; CHAVES, J.R.; ALVES, L.A.; NOGUEIRA, M.R.C.; LIMA, A.F.; MOREIRA, L.C.F.; GONÇALVES, E.O.; OLIVEIRA, M.A.; CHAVES, H.R.G. Avaliação da qualidade da água do aquífero livre na região do cemitério Bom Jesus dos Aflitos, Russas-CE, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, XIII., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABAS, 2008. Disponível em: <http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23369>. Acesso em: 03 set. 2013.

DENT, B.B.; KNIGHT, M.J. Cemeteries: a special kind of landfill. The context of their sustainable management. In: INTERNATIONAL GROUNDWATER CONFERENCE – GROUNDWATER: SUSTAINABLE SOLUTIONS, 1998, Melbourne. **Proceedings...** Melbourne: International Association of Hydrologists - IAH, 1998. p. 451-456.

DUARTE, P.B. **Microrganismos indicadores de poluição**. 2011. 52f. Monografia – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

ENETÉRIO, N.G.P. **Avaliação da suscetibilidade do aquífero freático à contaminação por necrochorume em Bonito-MS**. 2009. Disponível em:

<http://repositorio.cbc.ufms.br:8080/jspui/handle/123456789/1518>. Acesso em: 02 set. 2013.

ESPINDULA, J. C. **Caracterização bacteriológica e físico-química das águas do aquífero freático do Cemitério da Várzea** – Recife. 2004. 92f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. (Coord.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 1. ed. Fortaleza: CPRM; LABHID-UFPE, 1997. 389 p

FRANCA R. M.; FRISCHKORN H.; SANTOS M. R. P.; MENDONÇA L. A. R.; BESERRA M. C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte Ceará. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 92-102, jan./mar. 2006.

GODOY, A.P. **O VIGIÁGUA e a potabilidade das águas de poços em Salvador, BA**. 2013. 173f. Dissertação (Mestrado em Saúde, Ambiente e Trabalho) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

GOOGLE EARTH MAPAS. Disponível em: [www.google.com.br/earth](http://www.google.com.br/earth). Acesso em: 2013/2014.

GUZMÁN, J.S.; MEDRANO, L.G.; CAAMAÑO, R.R.; VELÁSQUES, G.M.. Marco legislativo del suministro de agua en México. **Rev. Panam. Salud Pública**, v. 26, n. 6, p. 549, 2009.

HOGAN, D.; CUNHA, J.; CARMO, R.; OLIVEIRA, A. Urbanização e vulnerabilidades socioambientais diferenciadas: o caso de Campinas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 12., 2000, Caxambu. **Anais...** Caxambu: ABEP, 2000. Disponível em: [http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/2000/Todos/ambt15\\_2.pdf](http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/2000/Todos/ambt15_2.pdf). Acesso em: 03 fev. 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: [www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=292740](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=292740). Acesso em: 22 out. 2011.

\_\_\_\_\_. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bahia. Salvador População estimada 2014**. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=292740&search=bahia|salvador>. Acesso em: 17 nov. 2014.

LEITE, E. B. Análise físico-química e bacteriológica da água de poços localizados próximo ao cemitério da comunidade de Santana, Ilha de Maré, Salvador-BA. **Revista Virtual**, v. 5, n. 2, p. 132-148, jul./dez. 2009. Disponível em: <http://revistas.unijorge.edu.br/candomba/2009-v5n2/pdfs/Elianabrandaoleite2009v5n2.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2013.

LELI, I.T.; ZAPAROLI, F.C.M.; SANTOS, V.C.; OLIVEIRA, M.; REIS, F.A.G.V. Estudos ambientais para cemitérios: indicadores, áreas de influência e impactos ambientais. **Bol. Geogr.**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 45-54, 2012.

MARCOMINI, L.P.; CASTRO, R. **Avaliação de impacto ambiental e aspectos legislativos aplicáveis em cemitérios-parque**. Estudo de caso do Cemitério Jardim dos Lírios, Município de Bauru-São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXX., 2010, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: Associação Brasileira de Engenharia de Produção-ABEPRO, 2010.

MARTELLI, G. V. **Monitoramento da flutuação dos níveis de água em aquíferos freáticos para avaliação do potencial de recarga em área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani em Cacequi-RS**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) –Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2009. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppgce/wp-content/uploads/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Guilherme%20Viana%20Martelli.pdf> . Acesso em: 05 maio 2014.

MARTINS, M.T; PELLEZARI, V.H; PACHECO, A; MYKAI, P.M; ADAMS, C; BOSSOLAN, N.R.S; MENDES, J.M.B; HASSUDA, S. Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 47-52, 1991.

MIGLIORINI, R.B.; LIMA, Z.M.; ZEILHOFER, L.V.A.C. Qualidade das águas subterrâneas em áreas de cemitérios. **Revista Águas Subterrâneas**, Cuiabá, v. 20, n. 1, p.15-28, 14 jun. 2006. Disponível em: <http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/9710/6706>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

MORAES, D.S.L.; JORDÃO, B.Q. Water resources deterioration and its impact on human health. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002. Disponível em: [http://www.scielo.org/scielo.php?pid=S0034-89102002000300018&script=sci\\_arttext&tlng=e](http://www.scielo.org/scielo.php?pid=S0034-89102002000300018&script=sci_arttext&tlng=e). Acesso em: 02 set. 2013

NASCIMENTO, S.A.M. A Vulnerabilidade do aquífero freático do Alto Cristalino, Salvador, Bahia. **Revista de Geologia**, v. 22, n. 1, p. 75-85, 2009.

\_\_\_\_\_; BARBOSA, J.S.F. Origem da água subterrânea do Alto Cristalino de Salvador, Bahia. **Revista de Geologia**, v. 22, n. 1, p. 86-95, 2009.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Qualidade da água do aquífero freático no Alto Cristalino de Salvador, Bacia do Rio Lucaia, Salvador, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 4, p. 543-550, 2005.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. CRUZ, M.J.M.; LIMA, C.M. Hidrogeoquímica e índice de saturação dos minerais no sistema aquífero do Alto Cristalino de Salvador, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, n. 2, p. 230-237, 2009.

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico hidrogeológico, hidroquímico e da qualidade da água do aquífero freático do Alto Cristalino de Salvador - Bahia**. 2008. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

NASCIMENTO, W.G. **Investigação geofísica ambiental e forense nos cemitérios de Bengui e Tapanã (Belém do Pará)**. 2009. 153 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2009. Disponível em: [http://cpgf.ufpa.br/Tese\\_e\\_dissertacoes\\_concluidas.asp](http://cpgf.ufpa.br/Tese_e_dissertacoes_concluidas.asp). Acesso em: 14 set. 2013.

OLIVEIRA, B. R. F. **Cemitérios: impacte nas águas subterrâneas**. 2009.120p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 2009.

ROMANÓ, E. N. L. **Cemitérios: passivo ambiental, medidas preventivas e mitigadoras**. Ponta Grossa: Instituto Ambiental do Paraná, 2005. Disponível em: [http://www.sobrade.com.br/eventos/2005/visinrad/palestras/elma\\_romano\\_cemiterio.pdf](http://www.sobrade.com.br/eventos/2005/visinrad/palestras/elma_romano_cemiterio.pdf). Acesso em: 02 out. 2012.

SANTOS, E. F.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; CHAVES, A.; CAMPONOGARA, I. Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas do sistema aquífero Serra Geral/Guarani no município Quaraí/RS. In: SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO SUL-SUDESTE, I., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado, RS: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2007. Disponível em: <http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22196>. Acesso em: 04 ago. 2014.

SANTOS, E.; PINHO, J.A.G.; MORAES, L.R.S.; FISCHER, T. (Org.). **O caminho das águas em Salvador**. Bacias hidrográficas, bairros e fontes. Salvador: CIAGS/UFBA; SEMA, 2010.

SILVA, F.V. Avaliação da contaminação das [águas subterrâneas por atividade cemiterial na cidade de Maceió. 2012. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2012.

SILVA, V.T. SOUZA, I. A.; ROCHA, J. A. Um olhar sobre as necrópoles e seus impactos ambientais. In: ENCONTRO ANPPAS, III., 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: ANPPAS, 2006.1 CD ROM.

SOARES, A.C.C. **Abastecimento e consumo de água de soluções individuais em Viçosa-MG**: identificação de perigos e identificação da população consumidora. 2010. 132f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2010. Disponível em: [http://www.tede.ufv.br/tesesimplificado/tde\\_arquivos/8/TDE-2012-05-25T102947Z-3711/Publico/texto%20completo.pdf](http://www.tede.ufv.br/tesesimplificado/tde_arquivos/8/TDE-2012-05-25T102947Z-3711/Publico/texto%20completo.pdf). Acesso em: 25 ago. 2014.

SOUZA, J.S. **Petrografia e litogeoquímica dos granulíticos ortoderivados da cidade de Salvador, Bahia**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

TERRA, V.R.T.; PRATE-SANTOS, R.; FREIRE, D.N. Impacto do necrochorume nas águas subterrâneas do cemitério de Santa Inês, Vila Velha, ES, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, XIII., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABAS, 2008.

ÜÇISIK, A.S.; RUSHBROOK, P. **The impact of cemeteries on the environment and public health, an introductory briefing**. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 1998. (Rep. No. EUR/ICP/EHNA 01 04 01(A))

WEST, C.B.; CAMPOS, V.P.; SANTANA, F.O.; SANTOS, C.L. Investigação da qualidade da água subterrânea em área sob influência de um grande cemitério em Salvador, Bahia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 37., 2014, Natal- RN. **Anais...** Natal: SBQ, 2014. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_. **Investigação da presença de indicadores de necrochorume na água subterrânea sob influência de Cemitério em Salvador, Bahia**. Comunicação pessoal de dados da dissertação em desenvolvimento no IQ/UFBA. Salvador, 2014. Não publicado.

WHO. **Water Quality**. Guidelines, Standards and Health: Assesment of Risk and Management for Water-Related Infectious Disease. Water Quality-Guidelines, Standards and Health Assesment. Geneva, 2002.